

Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine.

Brennverfahren für Dieselmotorkraftmaschinen mit im Wesentlichen homogener Verbrennung – so genannte alternative Dieselmotorkraftverfahren – ermöglichen eine drastische Reduktion der Motoremissionen. Im Speziellen ist dabei eine gleichzeitige Verringerung der Stickoxide und der Partikel im Motorabgas möglich. Diese neuen Brennverfahren basieren auf einer Homogenisierung der Zylinderladung vor dem Verbrennungsereignis. Dieselmotorkraftmaschinen mit homogener Verbrennung sind beispielsweise aus den Druckschriften US 5,832.880 A, US 6,260.520 B1, US 6,276.334 B1 oder US 6,286.482 B1 bekannt.

Im Gegensatz zu konventionellen Brennverfahren ist jedoch bei alternativen Brennverfahren eine wesentlich höhere Empfindlichkeit der Motoremissionen (NO_x , Partikel, HC, CO und Geräusch) auf die Motorbetriebsparameter (Einspritzzeitpunkt, Abgasrückführrate, Frischlufttemperatur, Saugrohrtemperatur, Saugrohrdruck, Abgasgegendruck, Kühlmitteltemperatur, Atmosphärendruck) zu beobachten. Umgekehrt kann bereits durch eine relativ geringfügige Änderung der Abgasrückführrate um wenige Prozent beispielsweise eine deutliche Änderung der NO_x -Emissionen erreicht werden. Fig. 1 zeigt in diesem Zusammenhang den Einfluss der Abgasrückführrate und des Einspritzzeitpunktes auf die NO_x -Motoremission bei alternativer Verbrennung. Auch auf Partikelemissionen haben Einspritzzeitpunkt und Abgasrückführrate namhaften Einfluss, wie aus Fig. 2 ersichtlich ist. Bereits aus einer geringen Änderung des Einspritzzeitpunktes resultiert eine massive Beeinflussung der Partikelemission.

Aus dieser Tatsache resultiert somit die Forderung nach einer exakten Einhaltung der für alternative Brennverfahren notwendigen Motorbetriebsparameter, um das volle Potential der alternativen Dieselmotorkraftverfahren ausschöpfen zu können. Bei den derzeit eingesetzten Verfahren zur Berechnung bestimmter Motorbetriebsparameter (z.B. Einspritzzeitpunkt und Sollwert der Abgasrückführrate) erfolgt innerhalb der Motorsteuerung eine reine Steuerung als Funktion von Motordrehzahl und Motorlast, also keine sogenannte "closed-loop"-Regelung. Für konventionelle Brennverfahren, welche wesentlich geringere Empfindlichkeiten zwischen den Motorbetriebsparametern und den daraus resultierenden Motoremissionen aufweisen, ist diese reine Steuerung ausreichend. Bei alternativen Brennverfahren für Dieselmotoren sind jedoch wegen der beschriebenen Empfindlichkeiten diese Steuerungsverfahren nicht ausreichend und deshalb müssen neue Ver-

fahren gesucht werden. Der Grund dafür ist, dass bei der derzeit angewendeten rein gesteuerten Berechnung bestimmter Motorbetriebsparameter, wie beispielsweise Einspritzzeitpunkt und Abgasrückführrate, innerhalb der Motorsteuerung der Einfluss von Motordrehzahl, Motorlast, Frischlufttemperatur, Atmosphärendruck und Kühlmitteltemperatur nur statisch in Kennfeldern oder Kennlinien berücksichtigt wird.

Beim Betrieb eines Dieselmotors mit alternativer Verbrennung in Verbindung mit den derzeit üblichen Regelungsstrategien treten im Wesentlichen zwei kritische Betriebszustände auf. Erstens wird bei einer zu hohen Abgasrückführrate die Verbrennung instabil. Der Verbrennungsschwerpunkt liegt zu weit nach dem oberen Totpunkt der Zündung, woraus eine unvollständige Verbrennung mit hohen Emissionen (HC und CO) und ein instabiles Motordrehmoment resultiert. Zweitens wird bei einer zu geringen Abgasrückführrate der Verbrennungsschwerpunkt in Richtung "Früh" verschoben, was mit einem deutlichen Ansteigen des Verbrennungsgeräusches verbunden ist.

Aus der DE 31 34 631 A1 ist eine Einrichtung zum Regeln der Abgasrückführrate bei einer Brennkraftmaschine mit Selbstzündung bekannt, bei der ein Soll-Zündverzugszeitwert ermittelt und der Ist-Zündverzugszeitwert auf diesen Sollwert geregelt wird. Dabei entstammt der Soll-Zündverzugszeitwert einem Motorkennfeld. Die Zündverzugszeit ergibt sich aus einem Vergleich der Signale, beispielsweise dem Spritzbeginn einer Einspritzdüse, und eines mit dem Brennraum in Verbindung stehenden Drucksensors.

Aus der GB 2 091 000 A ist eine automatische Regelung für eine selbstzündende Brennkraftmaschine bekannt, bei der der Spitzendruck im Zylinder gemessen und mit einem Sollwert verglichen wird. Aufgrund dieser Abweichung wird als Stellgröße der Einspritzzeitpunkt verändert.

Sowohl bei der DE 31 34 631 A1, als auch bei der GB 2 091 000 A wird nur eine Stellgröße verändert. Dies ist für die Regelung einer Dieselmotorkraftmaschine mit homogener Verbrennung nicht ausreichend.

Die wichtigsten Bestimmungsstücke für den Verbrennungsablauf in einer Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung sind die Phasenlage des Verbrennungsablaufes bzw. des Verbrennungsbeginnes, die maximale Anstiegsgeschwindigkeit des Zylinderdruckes, sowie der Spitzendruck.

Bei einer Brennkraftmaschine, bei der die Verbrennung im Wesentlichen durch Selbstzündung einer direkt eingespritzten Kraftstoffmenge erfolgt, werden die Bestimmungsstücke maßgeblich durch den Einspritzzeitpunkt, durch die Ladungszusammensetzung und durch den Zündverzug festgelegt. Diese Parameter

werden ihrerseits durch eine große Anzahl von Einflussgrößen bestimmt, wie zum Beispiel Drehzahl, Kraftstoffmenge, Ansaugtemperatur, Ladedruck, effektives Kompressionsverhältnis, Inertgasgehalt der Zylinderladung und Bauteiltemperatur.

Konventionelle Dieselerbrennung läuft vorwiegend unter Diffusionsverbrennung ab, wobei Luft und Kraftstoff nicht durchgemischt, sondern jeweils separat der Verbrennungszone zugeführt werden. Die konventionelle Dieselerbrennung ist gekennzeichnet durch eine inhomogene Verteilung von Luft und Kraftstoff. Die Konzentration des Kraftstoffs nimmt im Einspritzstrahl von innen nach außen zum Bereich des umgebenden Luft-Restgasgemisches hin immer weiter ab. Die Verbrennung in Zonen bei Luftverhältnissen im Bereich des stöchiometrischen Luftverhältnisses und darunter führt zu hohen Spitzentemperaturen, die die Ursache für die thermische NO-Bildung sind. Weiterhin führt Sauerstoffmangel in fetten Zonen in Verbindung mit hohen Temperaturen zu Rußbildung.

Strengere gesetzliche Rahmenbedingungen bewirken, dass bei der Konzeption von Brennverfahren immer wieder neue Wege eingeschlagen werden müssen, um bei Dieselerbrennkraftmaschinen den Ausstoß an Rußpartikeln und an NOx-Emissionen zu verringern.

Es ist bekannt NOx- und Rußemissionen im Abgas zu verringern, indem durch Vorverlegen des Einspritzzeitpunktes der Zündverzug vergrößert wird, so dass die Verbrennung durch Selbstzündung eines mageren Kraftstoff-Luftgemisches erfolgt. Eine mögliche Variante wird hier als HCLI-Verfahren (Homogenous Charge Late Injection) bezeichnet. Wenn eine derartige Gemischverbrennung durchgeführt wird, erfolgt die Kraftstoffeinspritzung somit genügend weit vor dem oberen Totpunkt der Kompressionsphase, wodurch ein weitgehend homogenes Kraftstoff-Luftgemisch entsteht. Durch Abgasrückführung kann erreicht werden, dass die Verbrennungstemperatur unterhalb der für NOx-Entstehung erforderlichen Mindesttemperatur bleibt. Da die Homogenisierung von Kraftstoff und Luft allerdings zeitabhängig ist, ist die Realisierung dieses Verfahrens drehzahl- und lastabhängig eingeschränkt, da bei unzureichender Homogenisierung der Partikelaustritt zunimmt.

Die US 6,338,245 B1 beschreibt eine nach dem HCLI-Verfahren arbeitende Dieselerbrennkraftmaschine, bei der Verbrennungstemperatur und Zündverzug so eingestellt werden, dass im unteren und mittleren Teillastbereich die Verbrennungstemperatur unter der NOx-Bildungstemperatur und das Luftverhältnis oberhalb des für die Rußbildung maßgeblichen Wertes liegt. Die Verbrennungstemperatur wird dabei durch Verändern der Abgasrückführrate, der Zündverzug durch den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt gesteuert. Bei mittlerer und hoher Last

wird die Verbrennungstemperatur so weit abgesenkt, dass sowohl NO_x- als auch Rußbildung vermieden wird. Nachteilig ist, dass insbesondere im mittleren Teillastbereich ein niedriges Luftverhältnis kombiniert mit niedrigen Verbrennungstemperaturen auftritt und daher ein schlechter Wirkungsgrad in Kauf genommen werden muss.

Die US 6,158,413 A beschreibt eine direkteinspritzende Diesel-Brennkraftmaschine, bei der die Kraftstoffeinspritzung nicht vor dem oberen Totpunkt der Kompression angesetzt ist, und bei der die Sauerstoffkonzentration im Brennraum durch Abgasrückführung vermindert wird. Dieses Betriebsverfahren wird hier auch als HPLI-Verfahren (Highly Premixed Late Injection) bezeichnet. Wegen des - verglichen mit einer konventionellen Einspritzung vor dem oberen Totpunkt - nach dem oberen Totpunkt sinkenden Temperaturniveaus und der gegenüber konventioneller Betriebsweise erhöhten Menge rückgeführten Abgases ist der Zündverzug länger als bei der sogenannten Diffusionsverbrennung. Das durch die Abgasrückführrate gesteuerte niedrige Temperaturniveau bewirkt, dass die Verbrennungstemperatur unter dem für die NO_x-Bildung maßgeblichen Wert bleibt. Durch den durch den späteren Einspritzzeitpunkt bewirkten großen Zündverzug wird eine gute Gemischbildung erreicht, wodurch bei der Verbrennung des Gemisches der lokale Sauerstoffmangel deutlich reduziert wird, wodurch die Partikelentstehung verringert wird. Die Spätverschiebung des Brennverlaufes bewirkt eine Absenkung der Maximaltemperatur, führt aber gleichzeitig zu einer Anhebung der mittleren Temperatur bei einem gegebenen späten Kurbelwinkel, was den Rußabbrand verstärkt. Die Verschiebung der Verbrennung in den Expansionstakt führt darüber hinaus im Zusammenwirken mit der hohen Abgasrückführrate trotz der wegen des langen Zündverzugs größeren vorgemischten Kraftstoffmenge und folglich höheren maximalen Brennrate zu einer das zulässige Maß nicht übersteigenden Druckanstiegsrate im Zylinder. Nachteilig ist der schlechte Wirkungsgrad im unteren Teillastbereich.

In der österreichischen Gebrauchsmusteranmeldung GM 702/2002 wird vorgeschlagen, eine Diesel-Brennkraftmaschine im unteren Teillastbereich nach dem HCLI-Verfahren, im mittleren Teillastbereich nach dem HPLI-Verfahren und im Volllastbereich mit konventioneller Dieselverbrennung zu betreiben. Dadurch kann die Brennkraftmaschine in jedem Lastbereich mit hohem Wirkungsgrad und niedrigen NO_x- und Rußemissionen betrieben werden.

Das HCLI-Verfahren und das HPLI-Verfahren zählen zu den alternativen Dieselverbrennungsverfahren.

Es ist bekannt, den Einspritzzeitpunkt für den Kraftstoff aufgrund von Motorbetriebsparametern bzw. kennfeldgesteuert zu bestimmen. Weiters ist es bekannt,

den Einspritzzeitpunkt über einen Verbrennungslagereger mit Rückmeldung über die aktuelle Verbrennungslage zu berechnen. Die solcher Art bestimmten Einspritzzeitpunkte sind für den stationären Zustand ausreichend.

Im dynamischen Motorbetrieb kommt es allerdings in Folge transient auftreten-der Abweichungen der Zylinderfüllung von den stationären Soll-Werten zu einer Abweichung des resultierenden Verbrennungsgeräusches von den stationären Soll-Werten.

Aus der DE 43 22 319 C2 ist ein Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine bekannt, bei dem ausgehend von einem λ -Wert ein erster Ist-Wert und ausgehend von dem ersten Ist-Wert und einem ersten Soll-Wert eine erste Steuergröße durch ein erstes Regelmittel vorgegeben wird. Weiters kann ausgehend von einer Luftmenge ein zweiter Ist-Wert und durch ein zweites Regelmittel ausgehend von dem zweiten Ist-Wert und einem zweiten Soll-Wert eine zweite Steuergröße vorgegeben werden. Die Soll-Werte werden dabei derart gewählt, dass beim Vorliegen bestimmter Betriebsbedingungen die Soll-Werte für die Luftmenge und bei Nichtvorliegen dieser bestimmten Betriebsbedingungen Soll-Werte für den λ -Wert vorgegeben werden.

Es ist bekannt, Spritzbeginn oder Verbrennungslage bei einer Brennkraftmaschine beispielsweise mit einem Zylinderdrucksensor zu ermitteln und daraus Steuersignale zur Steuerung der Brennkraftmaschine, wie etwa den Einspritzzeitpunkt zu gewinnen. In der DE 197 49 817 A1 wird vorgeschlagen, den Spritzbeginn und die Verbrennungslage aus der Differenz zwischen dem gemessenen Druckverlauf und einem berechneten Druckverlauf zu ermitteln.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Verbrennung bei einer Dieselmotorkraftmaschine mit homogener Verbrennung auf möglichst einfache Weise und möglichst genau zu regeln. Eine weitere Aufgabe ist es, ein Verfahren zu entwickeln, mit welchem die Brennkraftmaschine in der für den jeweiligen Betriebspunkt optimalen Betriebsart gefahren werden kann. Darüber hinaus ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren für den Betrieb einer Brennkraftmaschine vorzuschlagen, mit welchem im dynamischen Motorbetrieb das Verbrennungsgeräusch möglichst auf den Werten des stationären Motorbetriebes gehalten werden kann.

Erfindungsgemäß wird dadurch erreicht, dass eine Zustandsgröße im Zylinder, vorzugsweise der Druck, die Temperatur, der Ionenstrom oder das Ausgangssignal eines optischen Messprinzips als Funktion des Kurbelwinkels erfasst und daraus ein Zylinderzustandssignal gewonnen wird, dass aus dem Zylinderzustandssignal zumindest zwei charakteristische Zykluswerte aus der Gruppe Massenumsatzpunkt des eingespritzten Kraftstoffes, maximaler Druckanstieg im Zy-

linder, Verbrennungsgeräusch, Brennbeginn oder Brenndauer ermittelt werden, dass die ermittelten Zykluskenwerte mit in einem Kennfeld hinterlegten Sollwerten für die Zykluskenwerte verglichen und eine vorhandene Abweichung zwischen den beiden Werten berechnet wird, und dass die Abweichung einem Regelalgorithmus zugeführt und als Stellgröße der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung von mindestens einem Einspritzereignis und/oder der Inertgasanteil im Zylinder eingestellt werden, um die Verbrennung zu stabilisieren und/oder die Geräusch- sowie Abgasemissionen zu minimieren. Damit kann die Verbrennung stabilisiert und die Geräusch- sowie Abgasemissionen minimiert werden. Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, dass als Zykluskenwerte der 50%-Massenumsatzpunkt des eingespritzten Kraftstoffes und der maximale Druckanstieg im Zylinder ermittelt werden.

Das neu entwickelte Verfahren beruht auf der Überlegung, bestimmte Motorbetriebsparameter wie Einspritzzeitpunkt und Abgasrückführrate dynamisch in Abhängigkeit von solchen Größen zu berechnen, welche den aktuellen Zustand innerhalb des Zylinders beschreiben.

Zur Erfassung des aktuellen Zylinderzustandes wird beispielsweise der Druck im Zylinder als Funktion des Kurbelwinkels mit einem Sensor erfasst. Aus diesem Sensorsignal werden in weiterer Folge in einem Intervall von 720° Kurbelwinkel bestimmte charakteristische Zykluskenwerte berechnet. Der Druckverlauf innerhalb des Zylinders wird also durch zwei aus dem Druckverlauf selbst berechnete Kennwerte beschrieben.

Diese beiden Kennwerte sind im Speziellen der Zeitpunkt des 50%igen Massenumsatzes des eingespritzten Kraftstoffes und der maximale Druckanstieg im Zylinder. Auch das Verbrennungsgeräusch, der Brennbeginn oder die Brenndauer sind als charakteristische Zykluskenwerte zur Beschreibung der Verbrennung einsetzbar.

Die Ermittlung der Zykluskenwerte kann entweder aus dem Ausgangssignal eines Sensors unter Ausnutzung eines akustischen, optischen, elektrischen, thermodynamischen oder mechanischen Messprinzips oder über ein mathematisches Modell erfolgen. Auch eine Kombination eines sensorbasierten Ansatzes mit einem modellbasierten Ansatz kann zur Anwendung kommen.

Im Rahmen des entwickelten Verfahrens wird in weiterer Folge jeder der aktuell ermittelten Zykluskenwerte mit den in Abhängigkeit von Motordrehzahl und Motorlast in je einem Kennfeld hinterlegten gewünschten Wert für die Zykluskenwerte verglichen und eine vorhandene Abweichung zwischen beiden Werten berechnet. Diese Abweichung wird in weiterer Folge einem Regelungsalgorithmus

zugeführt. Der Regler berechnet dynamisch die für die Einhaltung des gewünschten Zylinderzustandes erforderlichen neuen Motorbetriebsparameter, wie Einspritzzeitpunkt und rückgeführte Abgasmasse. Zusätzlich wird zu den vom Regler berechneten Werten ein jeweils in einem Kennfeld (z.B. abhängig von Motordrehzahl und Motorlast) hinterlegter Vorsteuerwert addiert, um die Dynamik des Gesamtsystems zu verbessern.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich im Gegensatz zu konventionellen Steuerverfahren auch bei transientem Motorbetrieb der Verlauf der Verbrennung emissionsoptimal und stabil beherrschen, in dem der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung von mindestens einem Einspritzereignis und gleichzeitig der maximale Druckanstieg im Zylinder über den Inertgasanteil gemäß dem vom Regler berechneten Vorgaben geregelt wird. Dabei ist gemäß einer vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen, dass mittels des Regelalgorithmus die Stellgrößen Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung zumindest eines Einspritzereignisses und Inertgasanteil im Zylinder gleichzeitig eingestellt werden.

Zur Steuerung des Inertgases im Zylinder kann vorgesehen sein, dass die Zuführung und Variation der Inertgasmasse in den Zylinder durch externe Abgasrückführung oder durch zylinderinterne Abgasrückführung oder in Kombination von interner und externer Abgasrückführung durchgeführt wird.

Im Rahmen der Erfindung sind weiters folgende Schritte zur Lösung der gestellten Aufgabe vorgesehen:

- Auswählen von mindestens einem, vorzugsweise von mindestens zwei charakteristischen Motorbetriebsparametern,
- Hinterlegen zumindest eines Schwellwertes für jeden ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter,
- Zuordnen von durch zumindest einem Schwellwert getrennten Wertebereichen zu jedem Motorbetriebsparameter, wobei zumindest ein erster Wertebereich der ersten Betriebsart und zumindest ein zweiter Wertebereich der zweiten Betriebsart zugeordnet wird,
- Vergleichen der aktuellen Werte der ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter mit den Wertebereichen,
- Umschalten in die zweite Betriebsart oder Verbleiben in der zweiten Betriebsart, wenn alle ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter in den zweiten Wertebereichen liegen.

Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, dass in die erste Betriebsart umgeschaltet wird oder die erste Betriebsart beibehalten wird, wenn zumindest ein aktueller Wert eines ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameters innerhalb des ersten Wertebereiches liegt.

Zumindest zwei charakteristische Motorbetriebsparameter werden aus der Gruppe Motordrehzahl, Motorlast, Motorkühlmitteltemperatur, Atmosphärendruck, Temperatur des Abgasnachbehandlungssystems, Abgastemperatur vor dem Abgasnachbehandlungssystem, Abgastemperatur nach dem Abgasnachbehandlungssystem, Änderungsgeschwindigkeit der Motordrehzahl, Änderungsgeschwindigkeit der Motorlast und aktuelles Übersetzungsverhältnis der Antriebsstranges ausgewählt. Die Motorlast kann dabei beispielsweise durch das Drehmoment, die Einspritzmenge oder die Fahrpedalstellung definiert werden. Als Abgasnachbehandlungssystem wird vorzugsweise ein Oxidationskatalysator vorgesehen. Das aktuelle Übersetzungsverhältnis des Antriebsstranges wird vorteilhafter Weise durch die Gangnummer definiert.

Die erste Betriebsart wird vorzugsweise der konventionellen Dieselerverbrennung und die zweite Betriebsart einem alternativen Dieselerverbrennungsverfahren zugeordnet.

Jede der ausgewählten charakteristischen Motorparameter wird zumindest mit einem hinterlegten Schwellwert verglichen. Für jeden der verwendeten Motorbetriebsparameter sind die Schwellwerte entweder als feste Werte (z.B.: oberer Schwellwert für Motordrehzahl bei etwa 4000 Umdrehungen/min.) oder als abhängige Werte (z.B.: Kennlinie über der Motordrehzahl, Kennlinie über der Motordrehzahl und Motorlast) abgelegt. Die Schwellwerte können auch mit einer Hysterese behaftet sein, d.h., dass die Schwellwerte von der Veränderungsrichtung des entsprechenden Motorbetriebsparameters abhängig sind. Wenn jeder der ausgewählten Motorbetriebsparameter innerhalb des durch die entsprechenden Schwellwerte definierten zulässigen Wertebereichs liegt, wird von konventioneller- auf alternative Dieselerverbrennung umgeschaltet. Sobald eine der verwendeten Eingangsgrößen den durch die entsprechenden Schwellwerte definierten zulässigen Wertebereich verlässt, wird von alternativer- auf konventionelle Dieselerverbrennung umgeschaltet.

Erfindungsgemäß wird die Lösung der Aufgabe ferner durch folgende Schritte erreicht:

- Bestimmen eines Soll-Wertes für einen Einspritzzeitpunkt und/oder eine Verbrennungslage,

- Bestimmen eines Soll-Wertes für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder und/oder für das Luft/Kraftstoffverhältnis im Abgas,
- Messen oder Berechnen eines Ist-Wertes für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder und/oder das Luft/Kraftstoffverhältnis im Abgas,
- Bilden der Differenz zwischen dem Soll-Wert und dem Ist-Wert des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas,
- Korrigieren des Soll-Wertes des Einspritzzeitpunktes bzw. der Verbrennungslage aufgrund der Differenz zwischen dem Soll-Wert und dem Ist-Wert des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas.

Die Soll-Werte können aufgrund zumindest eines aktuellen Motorparameters berechnet oder aus in einem Kennfeld abgelegten Daten ausgewählt werden.

Wenn die Bestimmung des Einspritzzeitpunktes rein gesteuert, also ohne Rückmeldung über die aktuelle Verbrennungslage erfolgt, kann dieser vorbestimmte Einspritzzeitpunkt dynamisch korrigiert werden. Die Korrektur erfolgt dabei als Funktion der Abweichung zwischen dem geforderten Soll-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse und dem gemessenen und/oder berechneten Ist-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder. Wenn der Ist-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse kleiner ist als der Soll-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse und somit der Inertgasmassenanteil im Zylinder zu hoch oder der Frischluftmassenanteil zu gering ist, erfolgt eine Korrektur des Einspritzzeitpunktes in Richtung Früh. Wenn der Ist-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse hingegen größer ist als der Soll-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse und der Inertgasmassenanteil somit zu gering oder der Frischluftmassenanteil zu hoch ist, erfolgt eine Korrektur des Einspritzzeitpunktes in Richtung Spät.

Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Korrektur als Funktion der Abweichung zwischen dem geforderten Soll-Wert des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas und dem gemessenen und/oder berechneten Ist-Wert für das Luft/Kraftstoffverhältnis im Abgas erfolgen. Wenn der aktuelle Ist-Wert des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas kleiner ist als der Soll-Wert des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas und der Inertgasmassenanteil im Zylinder somit zu hoch ist, erfolgt eine Korrektur des Einspritzzeitpunktes in Richtung Früh. Wenn der Ist-Wert des

Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas hingegen größer als der Soll-Wert des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas ist und der Inertgasmassenanteil im Zylinder somit zu klein ist, erfolgt eine Korrektur des Einspritzzeitpunktes in Richtung Spät.

Falls die Berechnung des Einspritzzeitpunktes über einen Verbrennungslageregler, also in einer "closed loop"-Regelung mit Rückmeldung über die aktuelle Verbrennungslage erfolgt, so wird der Soll-Wert für die Verbrennungslage dynamisch, beispielsweise additiv, korrigiert. Die Korrektur kann dabei als Funktion der Abweichung zwischen dem Soll-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse und dem gemessenen und/oder berechneten Ist-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder erfolgen. Wenn der Ist-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse kleiner ist als der Soll-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse und der Inertgasmassenanteil im Zylinder somit zu hoch oder der Frischluftmassenanteil zu gering ist, erfolgt eine Korrektur des geforderten Soll-Wertes für die Verbrennungslage in Richtung Früh. Wenn dagegen der Ist-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse größer ist als der Soll-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse und somit der Inertgasmassenanteil im Zylinder zu gering oder Frischluftmassenanteil zu hoch ist, erfolgt eine Korrektur des geforderten Soll-Wertes für die Verbrennungslage in Richtung Spät. Genauso kann die Korrektur als Funktion der Abweichung zwischen dem geforderten Soll-Wert des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas und dem gemessenen und/oder berechneten Ist-Wert des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas ermittelt werden. Wenn der Ist-Wert des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas kleiner ist als der Soll-Wert des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas und der Inertgasmassenanteil im Zylinder somit zu hoch ist, erfolgt eine Korrektur des geforderten Soll-Wertes für die Verbrennungslage in Richtung Früh. Wenn der aktuelle Ist-Wert des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas hingegen größer als der Soll-Wert des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas ist und der Inertgasmassenanteil im Zylinder somit zu klein ist, erfolgt eine Korrektur des geforderten Soll-Wertes für die Verbrennungslage in Richtung Spät.

Durch die Korrektur des Einspritzzeitpunktes und/oder der Verbrennungslage in Abhängigkeit der Differenz zwischen den Ist- und den Soll-Werten für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder und/oder dem Luft/Kraftstoffverhältnis im Abgas kann im dynamischen Motorbetrieb eine Abweichung zwischen dem transienten und dem stationären Verbrennungsgeräusch zufolge transient auftretender Abweichungen der Zylinderfüllung vom stationären Soll-Wert vermieden werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 den Einfluss des Einspritzzeitpunktes und der Abgasrückführrate auf die NO_x-Motoremissionen,
- Fig. 2 den Einfluss des Einspritzzeitpunktes und der Abgasrückführrate auf die Partikelemissionen,
- Fig. 3 ein Zylinderdruck-Kurbelwinkeldiagramm,
- Fig. 4 schematisch eine Reglerstruktur des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 5 den Einfluss des Zeitpunktes der Kraftstoffeinspritzung auf die Lage des 50%-Massenumsatzpunktes,
- Fig. 6 den Einfluss der Inertgasmasse auf den maximalen Zylinderdruckanstieg,
- Fig. 7 den Zusammenhang zwischen dem maximalen Zylinderdruckanstieg und dem daraus resultierenden Verbrennungsgeräusch bei alternativer Verbrennung,
- Fig. 8 ein Ventilhub-Kurbelwinkeldiagramm für interne Abgasrückführung,
- Fig. 9 ein Diagramm mit verschiedenen Motorparametern bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 10 ein Drehzahl-Zeitdiagramm,
- Fig. 11 ein Drehmoment-Zeitdiagramm,
- Fig. 12 ein 50%-Massenumsatz-Zeitdiagramm,
- Fig. 13 ein Motorgeräusch-Zeitdiagramm für transienten Motorbetrieb bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 14 schematisch die Entscheidungsstruktur für die Betriebsartenumschaltung,
- Fig. 15 eine Darstellung zur Erläuterung der dynamischen Korrektur des Einspritzzeitpunktes bei gesteuertem Betrieb, und
- Fig. 16 eine Darstellung zur Erläuterung der dynamischen Korrektur des Soll-Wertes der Verbrennungslage bei geregelterm Betrieb.

Bei alternativen Brennverfahren, welche auf einer Homogenisierung der Zylinderladung vor dem Verbrennungsergebnis basieren, ist im Gegensatz zu konven-

tionellen Brennverfahren eine wesentlich höhere Empfindlichkeit der Motoremissionen (NO_x , Partikel, HC, CO und Geräusch) auf die Motorbetriebsparameter (Einspritzzeitpunkt, Abgasrückführrate AGR, Frischlufttemperatur, Saugrohrtemperatur, Saugrohrdruck, Abgasgegendruck, Kühlmitteltemperatur, Atmosphärendruck) zu beobachten. In Fig. 1 ist der Einfluss der Abgasrückführrate AGR und des Einspritzzeitpunktes SOE vor dem oberen Totpunkt auf die NO_x -Motoremission bei alternativer Verbrennung als Beispiel dargestellt. Es zeigt sich, dass eine Änderung der Abgasrückführrate AGR um wenige Prozent eine deutliche Änderung der NO_x -Emissionen zur Folge hat. In Fig. 2 ist der Einfluss des Einspritzzeitpunktes SOE vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung und der Abgasrückführrate AGR auf die Partikelemissionen Soot bei alternativer Verbrennung beispielhaft dargestellt. Aus einer geringen Änderung des Einspritzzeitpunktes SOE resultiert eine massive Beeinflussung der Partikelemissionen Soot.

Zur Erfassung des aktuellen Zylinderzustandes wird beim beschriebenen Verfahren der Druck im Zylinder als Funktion des Kurbelwinkels CA mit einem Sensor erfasst. Aus diesem Sensorsignal werden in weiterer Folge in einem Intervall von 720° Kurbelwinkel CA bestimmte charakteristische Größen berechnet, welche im Ausführungsbeispiel der Zeitpunkt des 50%-Massenumsatzes MFB50% des eingespritzten Kraftstoffes und der maximale Druckanstieg im Zylinder Δp_{\max} pro Grad Kurbelwinkel CA sind. In Fig. 3 ist exemplarisch der Zylinderdruck p über dem Kurbelwinkel CA aufgetragen und der maximale Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} , sowie der 50%-Massenumsatzpunkt MFB50% für einen bestimmten Einspritzzeitpunkt und eine bestimmte Abgasrückführrate eingezeichnet. Daneben kann auch das Verbrennungsgeräusch S , der Brennbeginn oder die Brenndauer als charakteristische Größe zur Beschreibung der Verbrennung herangezogen werden. Die Ermittlung der Zykluskennwerte erfolgt entweder aufgrund des Ausgangssignales eines Sensors unter Ausnutzung eines akustischen, optischen, elektrischen, thermodynamischen oder mechanischen Messprinzipes oder über ein mathematisches Modell. Auch eine Kombination eines sensorbasierten Ansatzes mit einem modellbasierten Ansatz kann zur Anwendung kommen.

Im Rahmen des entwickelten Verfahrens wird in weiterer Folge jeder der aktuell ermittelten Zykluskennwerte (Zeitpunkt des 50%igen Massenumsatzes MFB50% des eingespritzten Kraftstoffes und maximaler Druckanstieg Δp_{\max}) mit den in Abhängigkeit von Motordrehzahl n und Motorlast L in je einem Kennfeld hinterlegten gewünschten Werten $\text{MFB50\%}_{\text{Soll}}$ und Δp_{\max} für die Zykluskennwerte verglichen und eine vorhandene Abweichung zwischen beiden Werten berechnet.

Diese Abweichung wird einem Regelungsalgorithmus zugeführt. Eine mögliche Regelstruktur ist beispielhaft in Fig. 4 dargestellt. Der Regler PID berechnet aufgrund der Abweichung zwischen 50%-Massenumsatzpunkt-Sollwert $\text{MFB50\%}_{\text{Soll}}$

vom 50%-Massenumsatzpunkt-Istwert MFB50% und der Abweichung des maximalen Zylinderdruckanstieges-Sollwerts $\Delta p_{\max, \text{Soll}}$ vom maximalen Zylinderdruckanstieg-Istwert Δp_{\max} dynamisch die für die Einhaltung des gewünschten Zylinderzustandes erforderlichen Betriebsparameter, und zwar den Einspritzzeitpunkt SOE und die Abgasrückführrate AGR, zur Ansteuerung des Einspritzventiles und des AGR-Ventiles bzw. zur Ansteuerung eines Einlassventiles während des Auslasshubes (oder eines Auslassventiles während des Einlasshubes). Zusätzlich wird zu dem vom Regler PID berechneten Wert ein in einem Kennfeld zum Beispiel abhängig von der Motordrehzahl n und der Motorlast L hinterlegter Vorsteuerwert SOEv und AGRv addiert, um die Dynamik des Gesamtsystems zu verbessern.

Wesentlich beim entwickelten Verfahren ist, dass zur emissionsoptimalen und stabilen Beherrschung von alternativen Dieselmotorenverfahren auch bei transientem Motorbetrieb der Verlauf der Verbrennung, welche beispielsweise durch den Zeitpunkt des 50%igen Massenumsatzes MFB50% oder der Brenndauer beschrieben wird, über den vom Regler PID berechneten Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung SOE von mindestens einem Einspritzereignis beeinflusst wird und gleichzeitig der maximale Druckanstieg Δp_{\max} im Zylinder über den Inertgasanteil, also der Abgasrückführrate AGR geregelt wird. In Fig. 5 ist beispielhaft dargestellt, wie die Lage des 50%-Massenumsatzpunktes MFB50% über dem Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung SOE in Grad Kurbelwinkel CA vor dem oberen Totpunkt beeinflusst werden kann, auch wenn die in den Zylinder rückgeführte Abgasmasse variiert. Die in Fig. 5 eingetragenen Linien charakterisieren die Massenumsatzpunkte MFB50% für verschiedene Abgasrückführraten AGR, wobei die unterste Linie die geringste Abgasrückführrate repräsentiert. Damit gelingt es im transienten Motorbetrieb auftretende Temperaturänderungen wie beispielsweise Saugrohrtemperatur, Abgastemperatur oder Änderungen in der Zylinderfüllung (z.B. zu hoher AGR-Anteil) durch das beschriebene Verfahren zu kompensieren und damit eine emissionsoptimale und stabile Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffes zu gewährleisten.

Zusätzlich wird beim entwickelten Verfahren die Motorgeräuschemission (beschrieben durch den maximalen Druckanstieg Δp_{\max} im Zylinder) über den Inertgasanteil in der Zylinderfüllung auf einen gewünschten Wert geregelt. In Fig. 6 ist beispielhaft dargestellt, wie der maximale Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} und die damit verbundenen Motorgeräuschemission S über die im Zylinder vorhandene Inertgasmasse beeinflusst werden kann, auch wenn der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung SOE variiert. Auf der Ordinate ist die Öffnungsdauer IVH zumindest eines Einlassventiles während eines Auslasstaktes aufgetragen, welche in direktem Zusammenhang mit der Inertgasmasse steht. Die im Diagramm eingezeichneten

neten Linien zeigen verschiedene Kraftstoffeinspritzzeitpunkte SOE, wobei die oberste Linie einen frühen, die unterste Linie einen eher späten Einspritzzeitpunkt repräsentiert. Der Zusammenhang zwischen dem maximalen Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} und dem daraus resultierenden Verbrennungsgeräusch S bei alternativer Verbrennung ist in Fig. 7 dargestellt. Die eingezeichneten Linien zeigen verschiedene Kraftstoffeinspritzzeitpunkte SOE.

Beim entwickelten Verfahren kann die Zuführung und Variation der Inertgasmasse in den Zylinder entweder durch externe Rückführung (das heißt außerhalb des Zylinderkopfes) oder durch zylinderinterne Rückführung (z.B. über veränderbare Einlass- und Auslassventilsteuerzeiten) oder durch eine Kombination beider Rückführarten erfolgen.

Auch eine Veränderung der rückgeführten Abgasmasse durch Änderung des Saugrohrdruckes (z.B. über eine Drosselklappe oder einen Turbolader) oder durch Änderung des Abgasgegendruckes (z.B. über einen Abgasturbolader mit variablen Durchflussquerschnitt auf der Turbinenseite) kann zur Anwendung kommen.

Bei dem beschriebenen Verfahren dient der von einem Zylinderdrucksensor und einem Drehzahlsensor erfasste Druckverlauf als Rückmeldung über den aktuellen Zustand der Verbrennung im Zylinder. In weiterer Folge werden aus dem Druckverlauf zwei Kennwerte (Zeitpunkt des 50%igen Massenumsatzes MFB50% des eingespritzten Kraftstoffes und der maximale Druckanstieg Δp_{\max}) berechnet, mit denen die Verbrennung charakterisiert wird. Die Zielwerte für die beiden charakteristischen Größen werden in zumindest drehzahl- und lastabhängigen Kennfeldern hinterlegt.

Das vorliegende Verfahren zur Regelung von alternativen Dieselmotorenverfahren unterscheidet sich von bekannten Verfahren im Wesentlichen durch folgende Punkte:

1. Aus den Differenzen zwischen den tatsächlich aus dem Druckverlauf ermittelten Kennwerten und den gewünschten Zielwerten werden über einen Regelalgorithmus der Zeitpunkt SOE der Kraftstoffeinspritzung und die Inertgasmasse gleichzeitig beeinflusst.
2. Damit wird innerhalb der physikalisch möglichen Grenzen der Verbrennungsschwerpunkt MFB50% und der maximale Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} gleichzeitig und unabhängig voneinander auf gewünschte Zielwerte eingestellt.

3. Das Verfahren kompensiert auch eine Änderung von zylinderexternen Parametern (z.B. Atmosphärendruck, Ansauglufttemperatur, Kühlmitteltemperatur, Abgasgegendruck, Saugrohrdruck, Kraftstoffdruck) bei gleichzeitiger Einhaltung der geforderten Zielwerte (Zeitpunkt des 50%-Massenumsatzes MFB50% des eingespritzten Kraftstoffes und maximaler Druckanstieg Δp_{\max}).

Als eine mögliche Anwendung des Verfahrens wird z.B. der Zeitpunkt des 50%-Massenumsatzpunktes MFB50% des eingespritzten Kraftstoffes über den Einspritzzeitpunkt SOE geregelt. Der maximale Zylinderdruckanstieg wird über zylinderinterne Abgasrückführung beeinflusst. Die zylinderinterne Abgasrückführung wird dabei z.B. durch ein zusätzliches Öffnen von zumindest einem Einlassventil während des Auslasstaktes realisiert. Fig. 8 zeigt beispielhaft die Ventilhubkurven für diese Art der internen Abgasrückführung. Die vollgezogene Linie zeigt die Öffnung der Einlassventile, die strichlierte Linie die Öffnung der Auslassventile. Um die Masse des rückgeführten Abgases AGR und damit den maximalen Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} zu beeinflussen, wird zum Beispiels die Öffnungsdauer IVH des Einlassventiles bei konstantem Öffnungsbeginn während des Auslasstaktes geändert. Auch ein Öffnen von zumindest einem Auslassventil während des Einlasstaktes kann zur Durchführung einer internen Abgasrückführung zur Anwendung kommen. Weiters ist ein Ändern der Ventilüberschneidung im Bereich des oberen Totpunktes des Ladungswechsels möglich, um die interne rückgeführte Abgasmasse zu beeinflussen.

Fig. 9 zeigt beispielhaft Ergebnisse, welche mit dem entwickelten Verfahren bei alternativer Dieselverbrennung in einem stationären Betriebspunkt (bei konstanter Motordrehzahl n und Motorlast L) realisiert wurden. Bei der Anwendung des Verfahrens gelingt es z.B. das Verbrennungsgeräusch zu verändern und gleichzeitig die Lage des 50%-Massenumsatzpunktes MFB50% konstant zu halten. Im Diagramm sind folgende Motorbetriebsparameter eingezeichnet: Verbrennungsgeräusch S , maximaler Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} , gewünschter maximaler Zylinderdruckanstieg $\Delta p_{\max, \text{Soll}}$, Frischluftmasse m_L , Zeitpunkt des 50%igen Kraftstoffumsatzes MFB50%, gewünschter Zeitpunkt des 50%igen Kraftstoffumsatzes MFB50%_{Soll}, Einspritzzeitpunkt SOE. Die Kurven sind über der Zeit t aufgetragen.

Die Vorteile des Verfahrens für den transienten Motorbetrieb sind in den Fig. 10 bis Fig. 13 dargestellt. Wird bei alternativer Dieselverbrennung die Motorlast L (Fig. 11) und die Motordrehzahl n (Fig. 10) gleichzeitig zu höheren Werten geändert, beispielsweise bei einer Fahrzeugbeschleunigung, so ergibt sich ohne Anwendung des beschriebenen Verfahrens kurzzeitig eine zu hohe Abgasmasse in der Zylinderfüllung. Da der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung bei herkömm-

lichen Verfahren gesteuert aus einem oder mehreren Kennfeldern berechnet wird, ist in dieser Phase die Kraftstoffeinspritzung für die aktuelle Gaszusammensetzung im Zylinder zu spät. In Verbindung mit der zu hohen Abgasrückführtrate AGR führt dies zu einer Verschiebung des 50%igen Massenumsatzpunktes MFB50% in Richtung spät (Fig. 12). Dadurch sinkt das Motormoment L (Fig. 11) wegen des schlechteren Wirkungsgrades bei später Verbrennung. Im Extremfall kann dabei die Verbrennung auch zu Instabilitäten (Zündaussetzer) neigen. Diese Situation ist in den Figuren 10 bis 13 durch die strichlierte Linie dargestellt.

Bei Anwendung des Verfahrens wird der Einspritzzeitpunkt SOE dynamisch über den Regler derart korrigiert, dass der Zeitpunkt des 50%-Massenumsatzpunktes MFB50% auch im transienten Motorbetrieb dem geforderten Wert folgt (Fig. 12). Damit wird die Verbrennung stabilisiert und der geforderte Momentenverlauf (Fig. 11) eingehalten. Weiters wird durch eine gleichzeitige Änderung der abgeführten Abgasmasse das Verbrennungsgeräusch S auf den geforderten Wert geregelt (Fig. 13). Der Verlauf der Motorkenngrößen Drehzahl n , Last L , 50%-Massenumsatzpunkt MFB50% und Verbrennungsgeräusch S ist in den Fig. 10 bis Fig. 13 bei Anwendung des Verfahrens durch vollgezeichnete Linien dargestellt.

Die Fig. 14 zeigt schematisch die Entscheidungsstruktur für die Betriebsartenumschaltung. Im Ausführungsbeispiel werden als charakteristische Motorbetriebsparameter die Motordrehzahl n , die Motorlast L und die Katalysatortemperatur T_c ausgewählt. Die Motordrehzahl n wird mit einem oberen Schwellwert n_{SO} verglichen. Die Motorlast L wird mit einem kennlinienbasierten oberen Schwellwert für die Motorlast L_{SO} verglichen, welcher abhängig von der Motordrehzahl n ist. Die Katalysatortemperatur T_c wird mit einem kennfeldbasierten unteren Schwellwert für die Katalysatortemperatur T_{Cu} verglichen, welcher abhängig ist von der Motordrehzahl n und der Motorlast L . Die Vergleichsschritte sind mit A_1 , A_2 , A_3 bezeichnet. Wird in den Vergleichsschritten A_1 , A_2 , A_3 festgestellt, dass Motordrehzahl n , Motorlast L und Katalysatortemperatur T_c jeweils in dem der zweiten Betriebsart zugeordneten zweiten Wertebereich liegen, welcher durch den jeweiligen Schwellwert n_{SO} , L_{SO} , T_{Cu} vom ersten Wertebereich getrennt ist, wird mittels einer durch Bezugszeichen B angedeuteten &-Verknüpfung die Anweisung zum Umschalten oder Verbleiben in der dem alternativen Dieselerbrennungsverfahren zugeordneten zweiten Betriebsart gegeben. Die zweite Betriebsart ist mit Bezugszeichen MOD2 angedeutet.

Wie in Fig. 15 ersichtlich ist, wird in einer elektronischen Steuereinheit ECU aufgrund der Motordrehzahl n , der Motorlast L und anderer Motorbetriebsparameter ein Einspritzzeitpunkt t_{Es} berechnet, ohne Rückmeldung über die aktuelle Verbrennungslage. Aufgrund des Motorbetriebspunktes wird der Soll-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse v_s im Zylinder oder ein Soll-

Wert λ_s für das Luft/Kraftstoffverhältnis λ im Abgas berechnet. Der Ist-Wert v_i bzw. λ_i des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses λ im Abgas wird weiters messtechnisch ermittelt oder berechnet. Aufgrund der Differenz zwischen den Soll-Werten v_s , λ_s und den Ist-Werten v_i , λ_i des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses λ im Abgas wird ein Korrekturwert Δt_{ES} für den Soll-Wert des Einspritzzeitpunktes t_{ES} ermittelt. Ist der Ist-Wert v_i bzw. λ_i des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses λ im Abgas kleiner als der Soll-Wert v_s bzw. λ_s des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse der Luftmasse bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses λ im Abgas, so erfolgt eine beispielsweise additive Korrektur des Einspritzzeitpunktes t_{ES} in Richtung Früh. Wenn der Ist-Wert v_i bzw. λ_i des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses λ hingegen größer ist, als der Soll-Wert v_s bzw. λ_s des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses λ im Abgas, wird der Einspritzzeitpunkt t_{ES} in Richtung Spät verstellt. Das Ergebnis dieser Prozedur ist ein korrigierter Einspritzzeitpunkt $t_{ES,K}$.

Bei der in Fig. 16 dargestellten Ausführungsvariante wird der Einspritzzeitpunkt $t_{ES,K}$ über einen Verbrennungsregler R_v berechnet, welcher Ist-Werte t_{v_i} über die aktuelle Verbrennungslage miteinbezieht. Aus der Motordrehzahl n und der Motorlast L wird ein Soll-Wert t_{v_s} für die Verbrennungslage in einer elektronischen Kontrolleinheit ECU ermittelt. Aufgrund des Motorbetriebszustandes wird ein Soll-Wert v_s bzw. λ_s für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. für das Luft/Kraftstoffverhältnis λ im Abgas vorgegeben. Der Ist-Wert v_i bzw. λ_i des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses λ im Abgas wird kontinuierlich oder diskontinuierlich ermittelt. Aufgrund der Abweichung zwischen den Soll-Werten v_s , λ_s und den Ist-Werten v_i , λ_i wird ein Korrekturfaktor Δt_{v_s} für den Soll-Wert der Verbrennungslage t_{v_s} berechnet und damit der Soll-Wert t_{v_s} für die Verbrennungslage dynamisch, beispielsweise additiv, korrigiert. Wenn der Ist-Wert v_i , λ_i des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses λ im Abgas kleiner ist als der Soll-Wert v_s bzw. λ_s des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas, erfolgt eine Korrektur des geforderten Soll-Wertes t_{v_s} für die Verbrennungslage in Richtung Früh. Wenn der Ist-Wert v_i bzw. λ_i größer ist als der Soll-Wert v_s bzw. λ_s des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses λ im Abgas, erfolgt hingegen eine Korrektur des geforderten Soll-Wertes t_{v_s} für die Verbrennungslage in Richtung Spät. Der korrigierte Soll-Wert $t_{v_s,K}$ wird im Verbrennungs-

lageregler R_v mit dem Ist-Wert t_{vi} der Verbrennungslage verglichen und daraus ein korrigierter Soll-Wert $t_{ES,K}$ für den Einspritzzeitpunkt errechnet.

Durch die dynamische Korrektur des Einspritzzeitpunktes durch Vergleichen der Ist-Werte v_i bzw. λ_i mit den Soll-Werten v_s bzw. λ_s des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses λ im Abgas kann im dynamischen Motorbetrieb eine Abweichung zwischen dem resultierenden transienten und dem entsprechenden stationären Verbrennungsgeräusch infolge transient auftretender Abweichungen der Zylinderfüllung vom stationären Soll-Wert vermieden werden.

Die mit der Anmeldung eingereichten Patentansprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Patentschutzes. Die Anmelderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnungen offenbarte Merkmale zu beanspruchen.

In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

Die Gegenstände dieser Unteransprüche bilden jedoch auch selbständige Erfindungen, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche unabhängige Gestaltung aufweisen.

Die Erfindung ist auch nicht auf das (die) Ausführungsbeispiel(e) der Beschreibung beschränkt. Vielmehr sind im Rahmen der Erfindung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten, Elemente und Kombinationen und/oder Materialien, die z.B. durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den in der allgemeinen Beschreibung und Ausführungsformen sowie den Ansprüchen beschriebenen und in den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten erfindnerisch sind und durch kombinierte Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen, auch soweit sie Herstell-, Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, Insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine mit homogener Kraftstoffverbrennung, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zustandsgröße im Zylinder, vorzugsweise der Druck, die Temperatur, der Ionenstrom oder das Ausgangssignal eines optischen Messprinzips als Funktion des Kurbelwinkels erfasst und daraus ein Zylinderzustandssignal gewonnen wird, dass aus dem Zylinderzustandssignal zumindest zwei charakteristische Zykluskennwerte aus der Gruppe Massenumsatzpunkt des eingespritzten Kraftstoffes, maximaler Druckanstieg im Zylinder, Verbrennungsgeräusch, Brennbeginn oder Brenndauer ermittelt werden, dass die ermittelten Zykluskennwerte mit in einem Kennfeld hinterlegten Sollwerten für die Zykluskennwerte verglichen und eine vorhandene Abweichung zwischen den beiden Werten berechnet wird, und dass die Abweichung einem Regelalgorithmus zugeführt und als Stellgröße der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung von mindestens einem Einspritzereignis und/oder der Inertgasanteil im Zylinder eingestellt werden, um die Verbrennung zu stabilisieren und/oder die Geräusch- sowie Abgasemissionen zu minimieren.
2. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, Insbesondere nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung der Zykluskennwerte entweder aus dem Ausgangssignal eines Sensors unter Ausnutzung eines akustischen, optischen, elektrischen, thermodynamischen oder mechanischen Messprinzips, über ein mathematisches Modell oder einer Kombination des sensorbasierten und des modellbasierten Ansatzes erfolgt.
3. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Zykluskennwerte der 50%-Massenumsatzpunkt des eingespritzten Kraftstoffes und der maximale Druckanstieg im Zylinder ermittelt werden.
4. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, Insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuführung und Variation der Inertgasmasse in den Zylinder durch externe Abgasrückführung oder durch zylinderinterne Abgasrückführung oder in Kombination von interner und externer Abgasrückführung durchgeführt wird.
5. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels des Regelalgorithmus die Stellgrößen Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung zu-

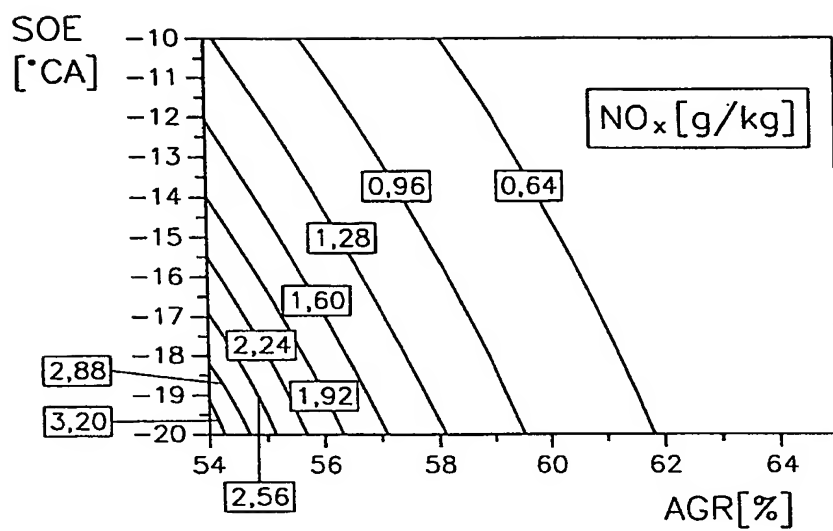
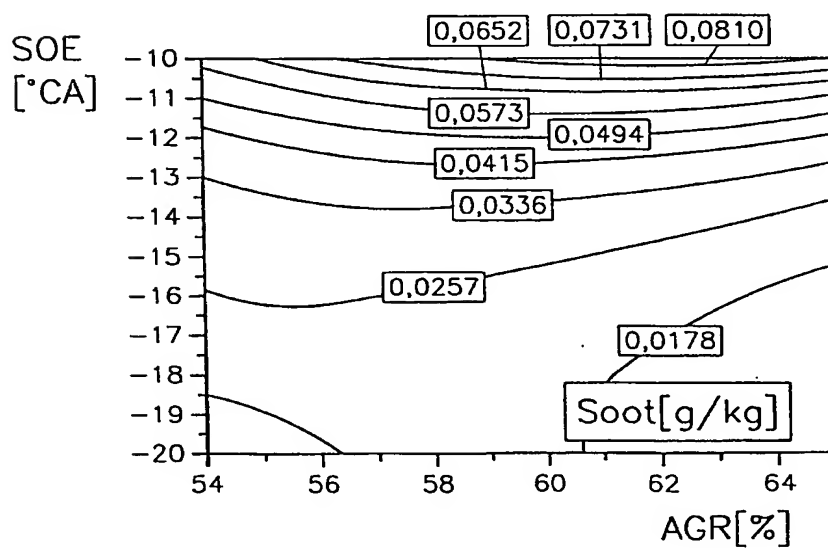
mindest eines Einspritzereignisses und Inertgasanteil im Zylinder gleichzeitig eingestellt werden.

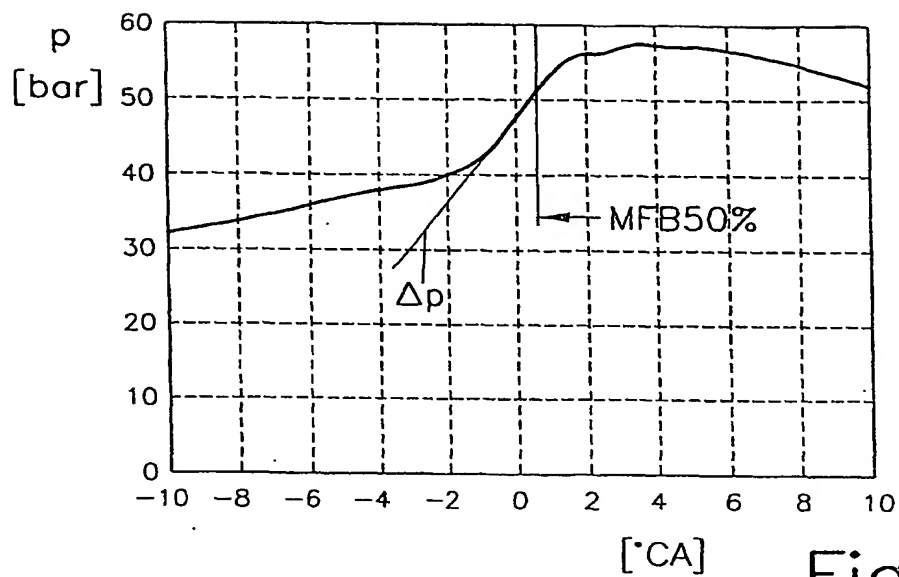
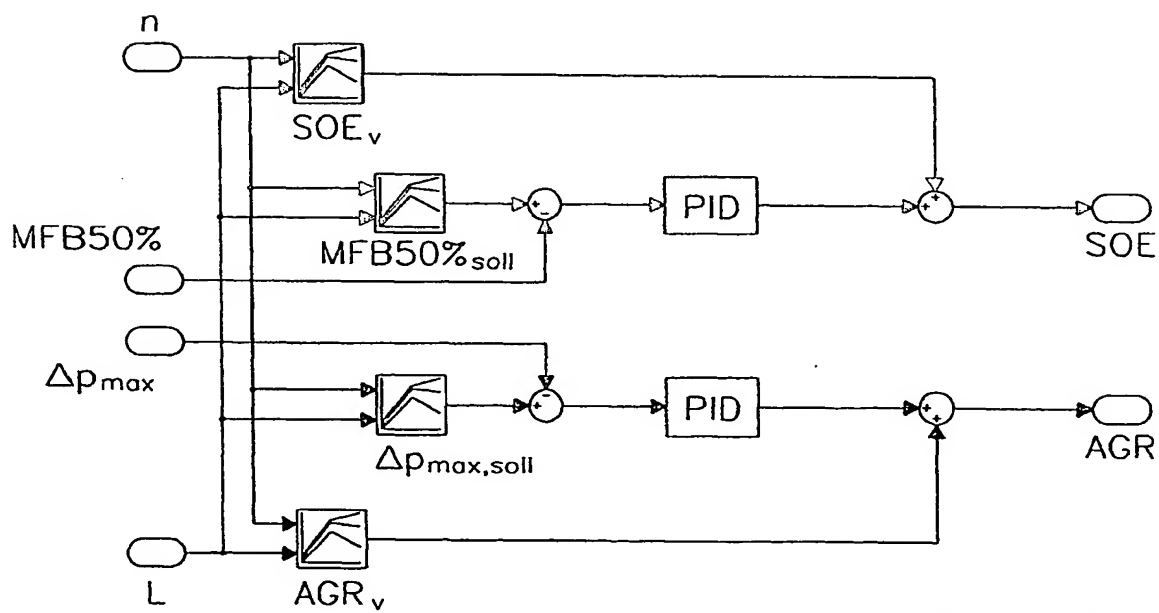
6. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zu den durch den Regelalgorithmus berechneten Werten für die Stellgrößen jeweils ein in einem Kennfeld abgelegter, vom Motorbetriebszustand abhängiger Vorsteuerwert addiert wird.
7. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, welche in Abhängigkeit von zumindest einem charakteristischen Motorbetriebsparameter zumindest zwischen einer ersten und einer zweiten Betriebsart umgeschaltet wird, mit folgenden Schritten:
 - Auswählen von mindestens einem, vorzugsweise von mindestens zwei charakteristischen Motorbetriebsparametern,
 - Zuordnen von Wertebereichen zu jedem Motorbetriebsparameter, wobei zumindest ein erster Wertebereich der ersten Betriebsart und zumindest ein zweiter Wertebereich der zweiten Betriebsart zugeordnet wird,
 - Vergleichen der aktuellen Werte der ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter mit den Wertebereichen,
 - Umschalten in die zweite Betriebsart oder Verbleiben in der zweiten Betriebsart, wenn alle ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter in den zweiten Wertebereichen liegen.
8. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in die erste Betriebsart umgeschaltet wird oder die erste Betriebsart beibehalten wird, wenn zumindest ein aktueller Wert eines ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameters innerhalb des ersten Wertebereiches liegt.
9. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Schwellwert für das Umschalten zwischen den Betriebsarten jedem ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter zugeordnet wird, wobei erster und zweiter Wertebereich durch den Schwellwert getrennt sind.
10. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein, vorzugsweise zumindest zwei charakteristische Motorbetriebsparameter

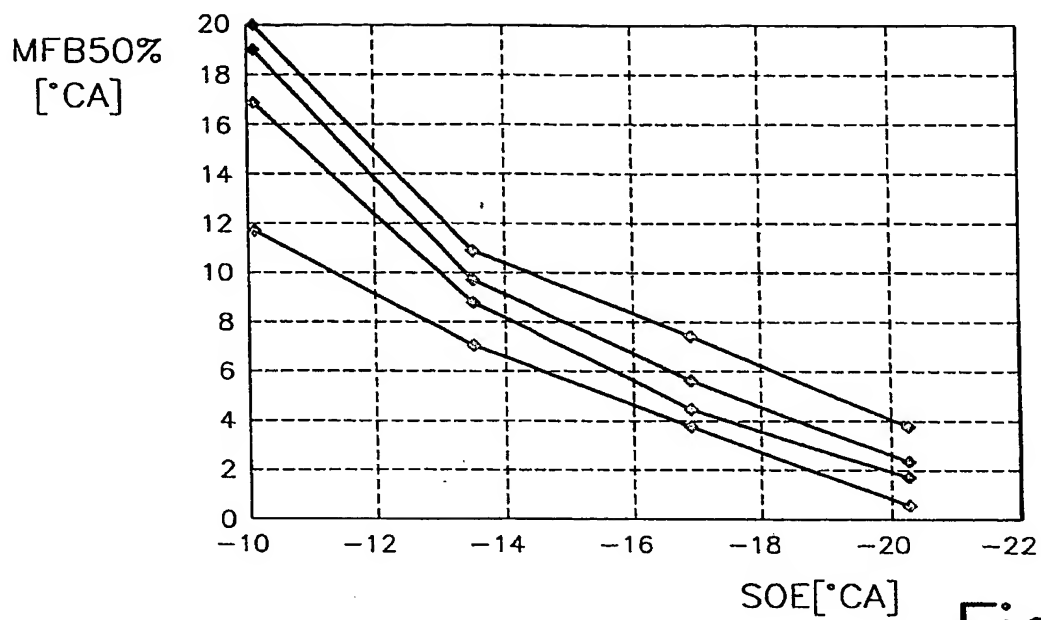
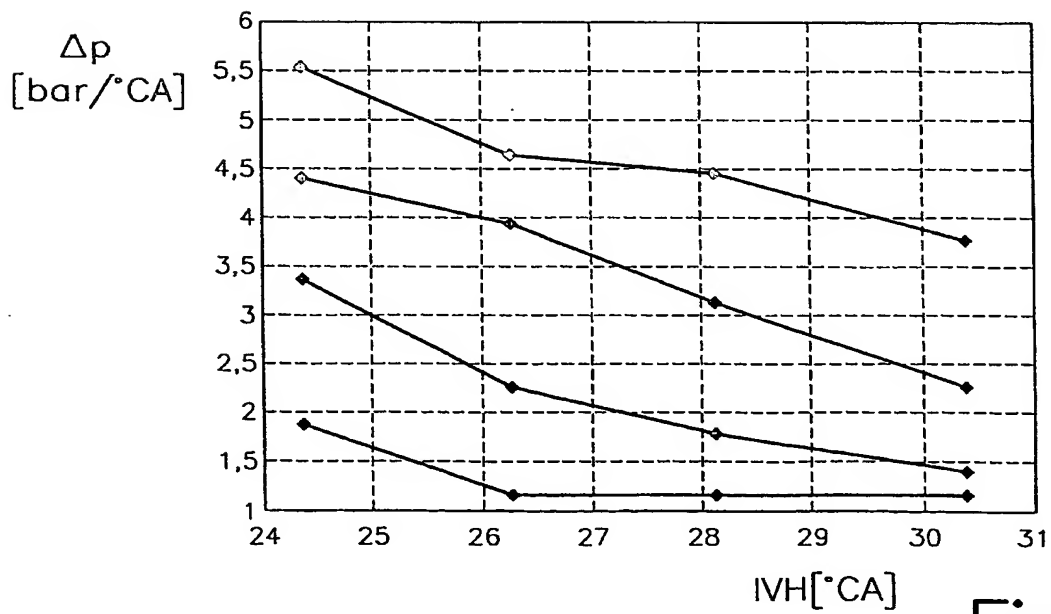
aus der Gruppe Motordrehzahl, Motorlast, Motorkühlmitteltemperatur, Atmosphärendruck, Temperatur des Abgasnachbehandlungssystems, Abgastemperatur vor dem Abgasnachbehandlungssystem, Abgastemperatur nach dem Abgasnachbehandlungssystem, Änderungsgeschwindigkeit der Motordrehzahl, Änderungsgeschwindigkeit der Motorlast und aktuelles Übersetzungsverhältnis des Antriebsstranges ausgewählt werden.

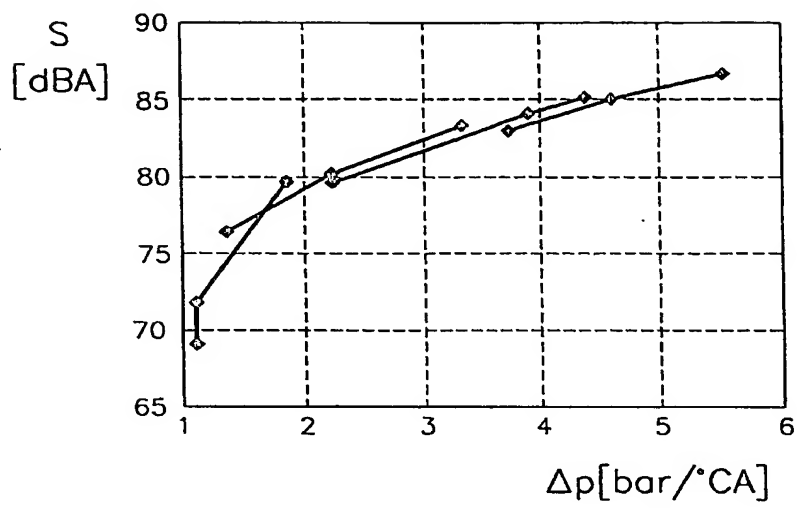
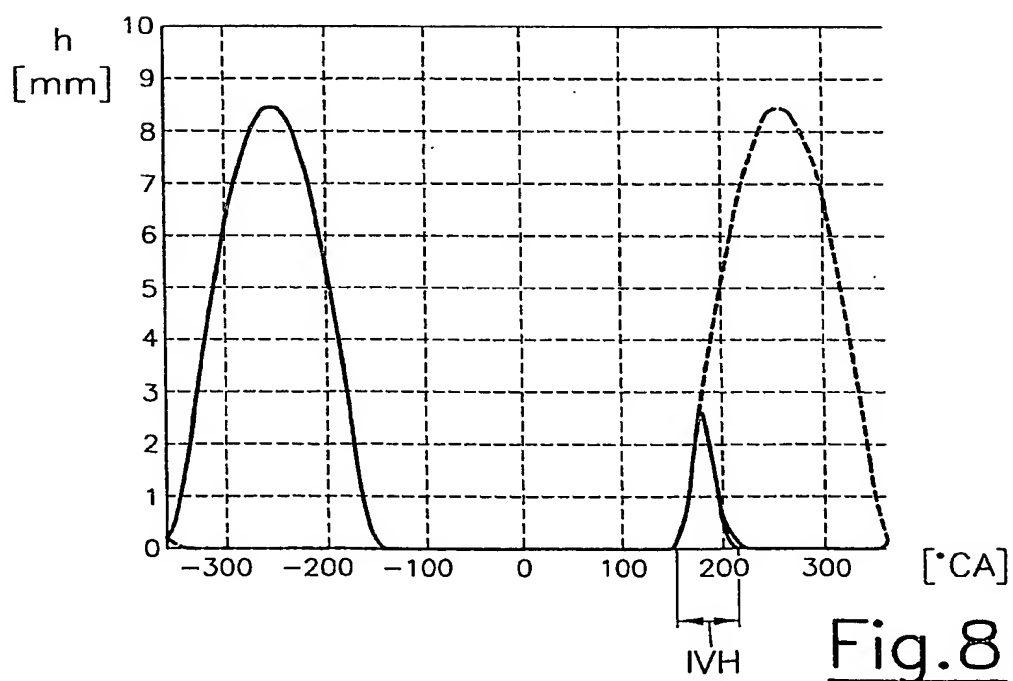
11. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der ersten Betriebsart die Brennkraftmaschine mit konventioneller Dieselverbrennung und in der zweiten Betriebsart mit alternativer Dieselverbrennung betrieben wird.
12. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass für zumindest einen Schwellwert ein vorbestimmter fester Wert gewählt wird.
13. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Schwellwert zumindest eines ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameters in Abhängigkeit von zumindest einem anderen Motorbetriebsparameter bestimmt wird.
14. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 7 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Schwellwert hysteresebehaftet ist.
15. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, welche in Abhängigkeit von zumindest einem charakteristischen Motorbetriebsparameter zumindest zwischen einer ersten Betriebsart und einer zweiten Betriebsart umgeschaltet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Umschalten in Abhängigkeit der gemessenen und/oder berechneten Temperatur vor und/oder nach dem Abgasnachbehandlungssystem erfolgt.
16. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer selbstzündenden Brennkraftmaschine, mit folgenden Schritten:
 - Bestimmen eines Soll-Wertes für einen Einspritzzeitpunkt und/oder eine Verbrennungslage,
 - Bestimmen eines Soll-Wertes für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder und/oder für das Luft/Kraftstoffverhältnis im Abgas,

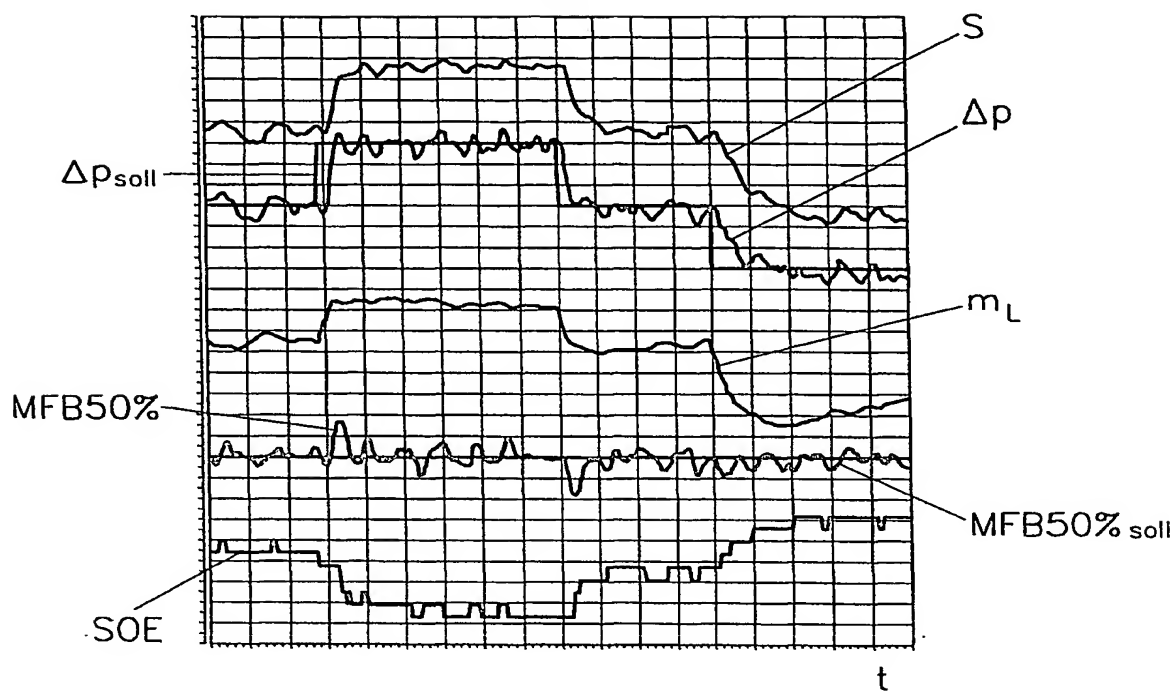
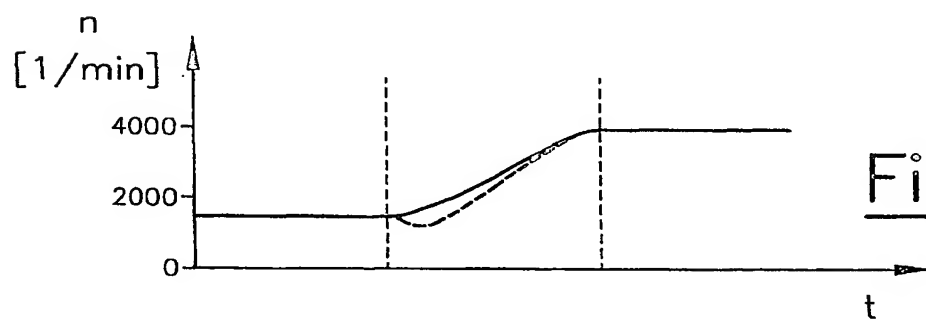
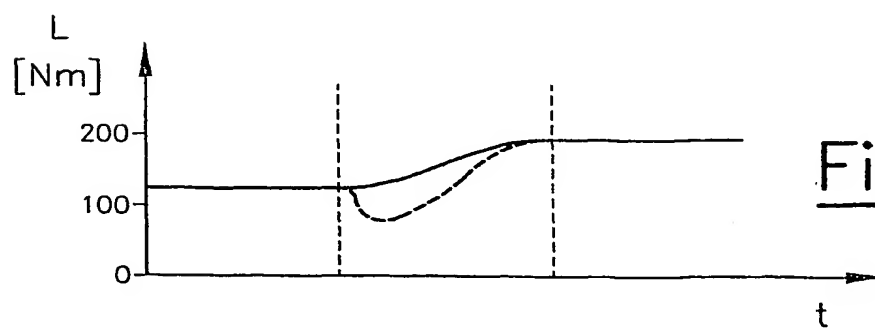
- Messen oder Berechnen eines Ist-Wertes für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder und/oder das Luft/Kraftstoffverhältnis im Abgas,
 - Bildung der Differenz zwischen dem Soll-Wert und dem Ist-Wert des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas,
 - Korrigieren des Soll-Wertes des Einspritzzeitpunktes bzw. der Verbrennungslage aufgrund der Differenz zwischen dem Soll-Wert und dem Ist-Wert des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas.
17. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Soll-Wert für den Einspritzzeitpunkt und/oder für die Verbrennungslage in Richtung Früh korrigiert wird, wenn der Ist-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. das Luft/Kraftstoffverhältnis im Abgas kleiner ist als der Soll-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse bzw. das Luft/Kraftstoffverhältnis im Abgas.
18. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Soll-Wert für den Einspritzzeitpunkt und/oder für die Verbrennungslage in Richtung Spät korrigiert wird, wenn der Ist-Wert für das Verhältnis von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. das Luft/Kraftstoffverhältnis im Abgas größer ist als der Soll-Wert des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder bzw. des Luft/Kraftstoffverhältnisses im Abgas.
19. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Soll-Wert für den Einspritzzeitpunkt auf rein steuerungstechnischem Wege – ohne Rückmeldung über die aktuelle Verbrennungslage – bestimmt wird.
20. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass - bei Verwendung eines Verbrennungsreglers mit Rückmeldung über die aktuelle Verbrennungslage – der Einspritzzeitpunkt auf regelungstechnischem Wege aus der Differenz zwischen dem Soll-Wert der Verbrennungslage und dem Ist-Wert der Verbrennungslage bestimmt wird.

Fig.1Fig.2

Fig.3Fig.4

Fig.5Fig.6

Fig.7Fig.8

Fig.9Fig.10Fig.11

MFB50%
[°CA]

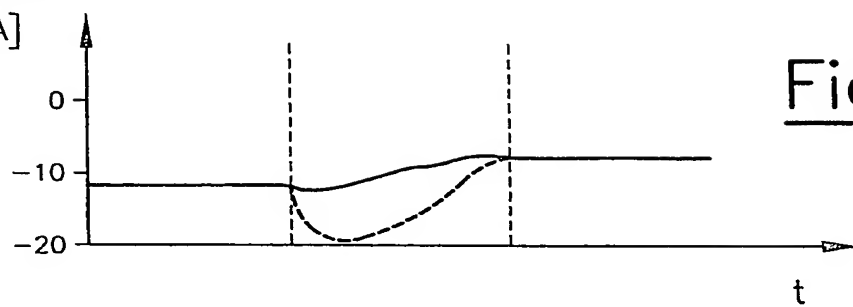


Fig.12

S
[dBA]

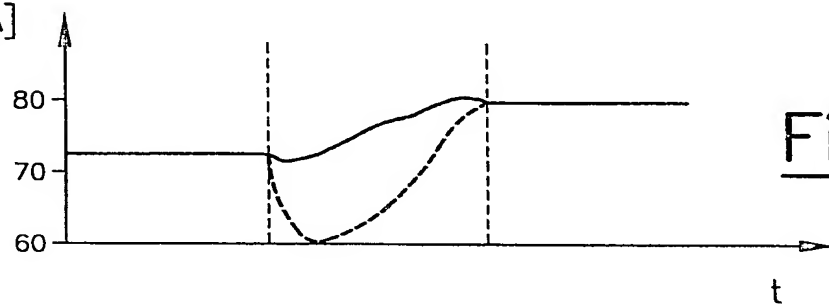
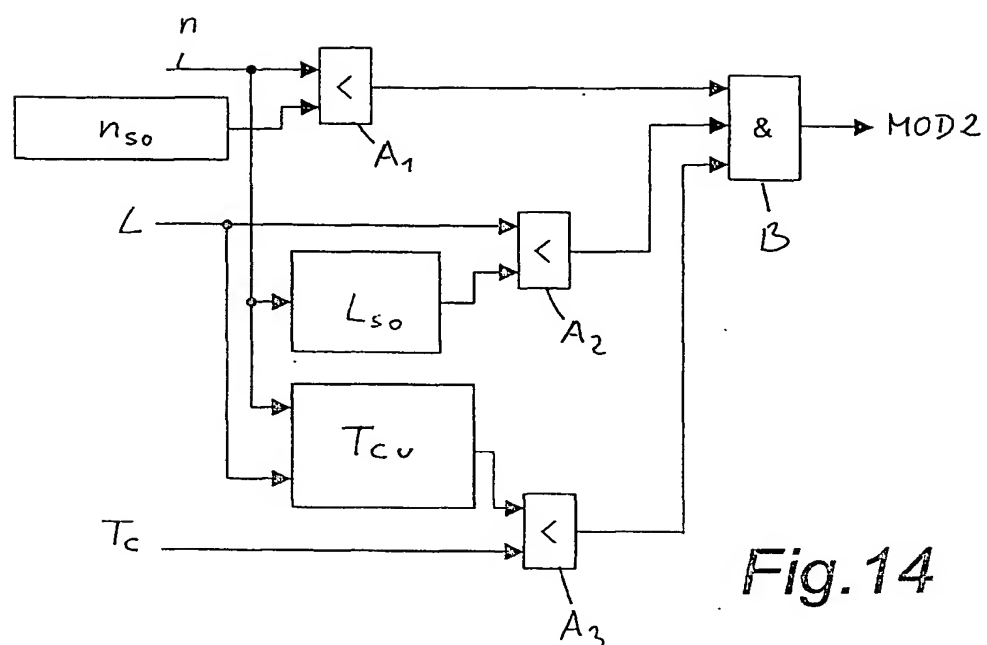


Fig.13

*Fig. 14*

8/8

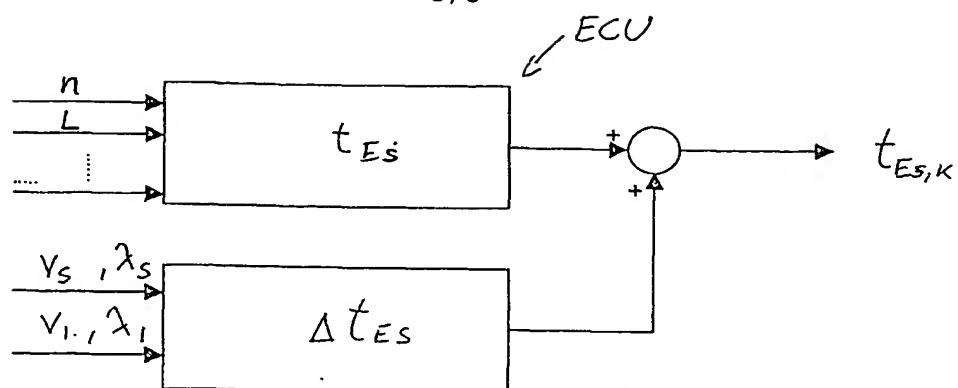


Fig. 15

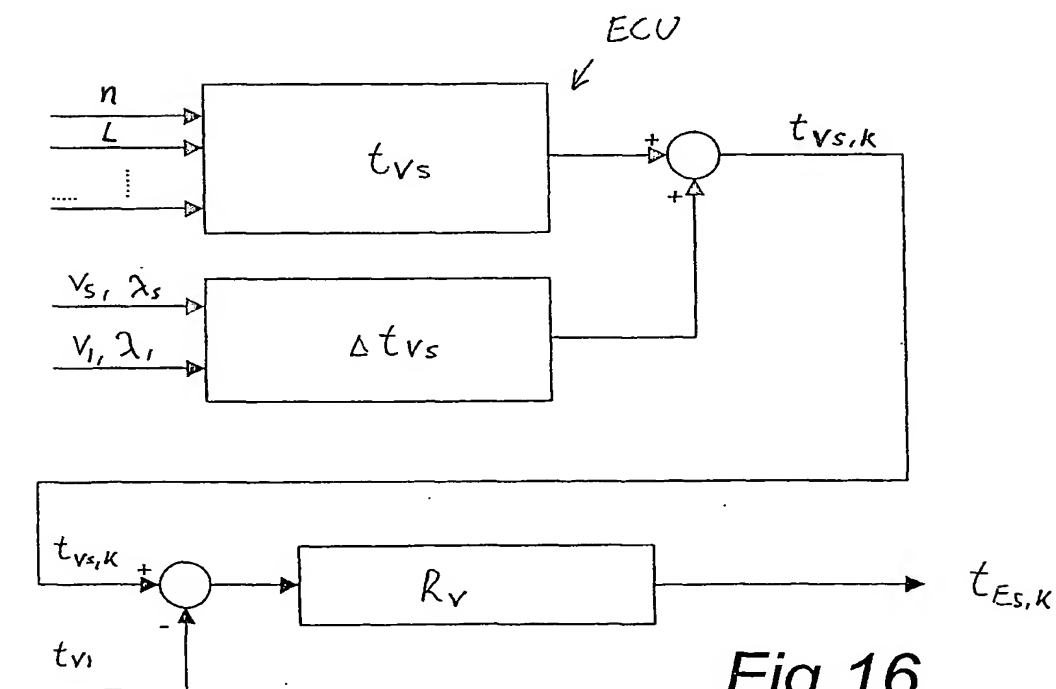


Fig. 16

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Januar 2005 (20.01.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/005813 A3

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02D 41/40,
21/08, 35/02, 41/24

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2004/000244

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Juli 2004 (08.07.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
GM 504/2003 15. Juli 2003 (15.07.2003) AT
A 723/2004 27. April 2004 (27.04.2004) AT
A 724/2004 27. April 2004 (27.04.2004) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): AVL LIST GMBH [AT/AT]; Hans-List-Platz 1,
A-8020 Graz (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NEUNTEUFL, Kle-
mens [AT/AT]; Hofstättenweg 4, A-8052 Graz (AT).
UNGER, Eduard [AT/AT]; Altenmarkt 55, A-8430 Leib-
nitz (AT). RODUNER, Christian [CH/AT]; Naglergasse
50/1/6, A-8010 Graz (AT).

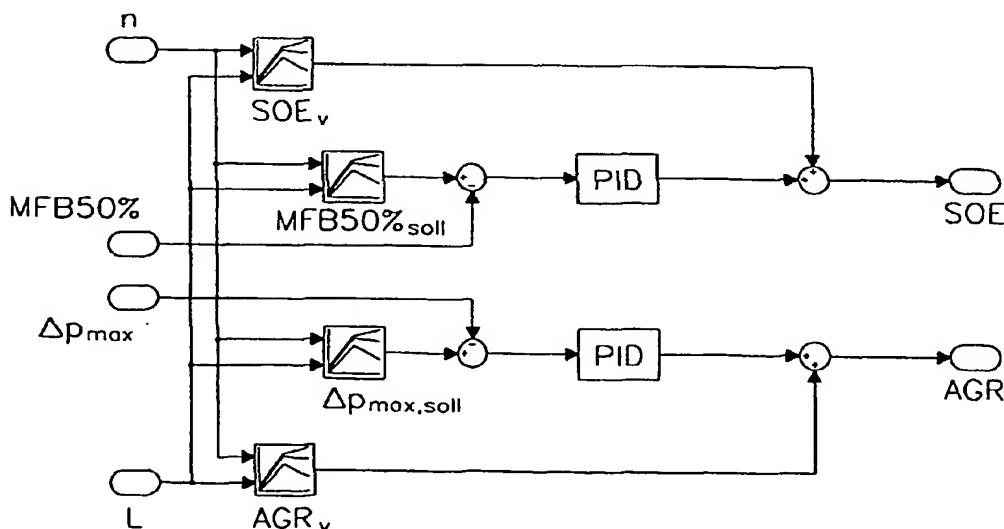
(74) Anwalt: BABELUK, Michael; Mariahilfer Gürtel 39/17,
A-1150 Wien (AT).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: According to the invention, noise of an internal combustion engine is reduced by dynamically correcting the moment of injection when the engine is in the transient mode.

(57) Zusammenfassung: Durch dynamische Korrektur des Einspritzzeitpunktes im transienten Motorbetrieb wird eine Verringerung des Verbrennungsgeräusches erreicht.

WO 2005/005813 A3



(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Veröffentlichungsdatum des Internationalen
Recherchenberichts:

6. Oktober 2005

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/AT2004/000244

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D41/40 F02D21/08 F02D35/02 F02D41/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 085 176 A (HINO MOTORS LTD) 21 March 2001 (2001-03-21) cited in the application paragraphs [0004], [0007], [0012], [0014], [0052], [0057], [0058] figures 1,8	1,2,4-6
X	US 4 760 830 A (DIDOMENICO ROBERT A ET AL) 2 August 1988 (1988-08-02) figures 1-5 column 1, line 14 - line 21 column 2, line 47 - line 53 column 4, line 16 - line 60 column 7, line 20 - column 9, line 47 ----- -/--	1,6

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 October 2004

Date of mailing of the international search report

07 JAN 2005.

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentplan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Lapeyronnie, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/AT2004/000244

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0060, no. 10 (M-107), 21 January 1982 (1982-01-21) & JP 56 129746 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 12 October 1981 (1981-10-12) abstract	1-4
A	----- US 6 293 246 B1 (MURAI TOSHIMI ET AL) 25 September 2001 (2001-09-25) figures 1,6,7,12 column 2, line 17 - line 32 column 7, line 56 - column 8, line 22 column 12, line 19 - line 36 -----	1,2,4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2004/000244

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See supplemental sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-6

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/AT2004/000244

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-6

Method for operating an internal combustion engine, wherein a condition variable in the cylinder, namely the temperature, is measured, and cycle characteristics such as start of combustion and combustion period are determined and compared with setpoint values stored in a characteristic map in order to adjust the fuel injection timing and the concentration of inert gas in the cylinder for the purpose of stabilising combustion. These features are already known from EP1085176.

2. Claims 7-15

Method for operating an internal combustion engine which is switched between a first operating mode and a second operating mode. This invention has no features in common with the first invention.

3. Claims 16-20

Method for operating an internal combustion engine, in particular a self-ignition internal combustion engine, by controlling the injection timing and the mass ratio of fresh air to inert gas in the cylinder. This invention likewise has no features in common with the first invention.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/AT2004/000244

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1085176	A	21-03-2001	JP 3549779 B2 04-08-2004
		JP 2001082233 A 27-03-2001	
		EP 1085176 A2 21-03-2001	
		US 6338245 B1 15-01-2002	
US 4760830	A	02-08-1988	AT 43406 T 15-06-1989
		AU 557376 B2 18-12-1986	
		AU 8629182 A 27-01-1983	
		BR 8204247 A 12-07-1983	
		CA 1197303 A1 26-11-1985	
		CA 1210834 A2 02-09-1986	
		DE 3279710 D1 29-06-1989	
		EP 0071557 A2 09-02-1983	
		ES 8400176 A1 01-01-1984	
		IN 157754 A1 07-06-1986	
		JP 1683906 C 31-07-1992	
		JP 3045231 B 10-07-1991	
		JP 58025584 A 15-02-1983	
		MX 152337 A 28-06-1985	
		MX 158309 A 20-01-1989	
		PT 75283 A ,B 01-08-1982	
		US 4463729 A 07-08-1984	
		ZA 8204927 A 27-04-1983	
JP 56129746	A	12-10-1981	NONE
US 6293246	B1	25-09-2001	JP 3362657 B2 07-01-2003
		JP 11210539 A 03-08-1999	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2004/000244

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 F02D41/40 F02D21/08 F02D35/02 F02D41/24		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 F02D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, PAJ		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 085 176 A (HINO MOTORS LTD) 21. März 2001 (2001-03-21) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0004], [0007], [0012], [0014], [0052], [0057], [0058] Abbildungen 1,8 -----	1,2,4-6
X	US 4 760 830 A (DIDOMENICO ROBERT A ET AL) 2. August 1988 (1988-08-02) Abbildungen 1-5 Spalte 1, Zeile 14 - Zeile 21 Spalte 2, Zeile 47 - Zeile 53 Spalte 4, Zeile 16 - Zeile 60 Spalte 7, Zeile 20 - Spalte 9, Zeile 47 ----- -/--	1,6
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie </div> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> </div> </div>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 26. Oktober 2004		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 07 JAN 2005
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Lapeyronnie, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2004/000244

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0060, Nr. 10 (M-107), 21. Januar 1982 (1982-01-21) & JP 56 129746 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 12. Oktober 1981 (1981-10-12) Zusammenfassung -----	1-4
A	US 6 293 246 B1 (MURAI TOSHIMI ET AL) 25. September 2001 (2001-09-25) Abbildungen 1,6,7,12 Spalte 2, Zeile 17 - Zeile 32 Spalte 7, Zeile 56 - Spalte 8, Zeile 22 Spalte 12, Zeile 19 - Zeile 36 -----	1,2,4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2004/000244

Feld II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr. _____
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich _____
2. ☐ Ansprüche Nr. _____
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich _____
3. ☐ Ansprüche Nr. _____
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr. _____
4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:
1-6

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-6

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, wobei eine Zustandsgröße im Zylinder, nämlich die Temperatur, gewonnen wird, charakteristische Zykluskenwerte, wie Brennbeginn und Brenndauer, ermittelt werden, die mit in einem Kennfeld hinterlegten Sollwerten verglichen werden, um den Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung und den Inertgasanteil im Zylinder einzustellen, um die Verbrennung zu stabilisieren. Diese Merkmale sind aus EP1085176 bekannt.

2. Ansprüche: 7-15

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, welche zwischen einer ersten und einer zweiten Betriebsart umgeschaltet wird. Es gibt mit 1. Subjekt keine gemeinsamen kennzeichnende Merkmale.

3. Ansprüche: 16-20

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer selbstzündenden Brennkraftmaschine, durch das Regeln eines Einspritzzeitpunktes und das Regeln des Verhältnisses von Frischluftmasse zur Inertgasmasse im Zylinder. Es gibt auch mit 1. Subjekt keine gemeinsamen kennzeichnende Merkmale.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2004/000244

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1085176 A	21-03-2001	JP 3549779 B2	04-08-2004
		JP 2001082233 A	27-03-2001
		EP 1085176 A2	21-03-2001
		US 6338245 B1	15-01-2002
US 4760830 A	02-08-1988	AT 43406 T	15-06-1989
		AU 557376 B2	18-12-1986
		AU 8629182 A	27-01-1983
		BR 8204247 A	12-07-1983
		CA 1197303 A1	26-11-1985
		CA 1210834 A2	02-09-1986
		DE 3279710 D1	29-06-1989
		EP 0071557 A2	09-02-1983
		ES 8400176 A1	01-01-1984
		IN 157754 A1	07-06-1986
		JP 1683906 C	31-07-1992
		JP 3045231 B	10-07-1991
		JP 58025584 A	15-02-1983
		MX 152337 A	28-06-1985
		MX 158309 A	20-01-1989
		PT 75283 A ,B	01-08-1982
		US 4463729 A	07-08-1984
		ZA 8204927 A	27-04-1983
JP 56129746 A	12-10-1981	KEINE	
US 6293246 B1	25-09-2001	JP 3362657 B2	07-01-2003
		JP 11210539 A	03-08-1999